

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Patentschrift  
⑪ DE 3544512 C2

⑤1 Int. Cl. 4:  
G01J 3/28

②1 Aktenzeichen: P 35 44 512.2-52  
②2 Anmeldetag: 17. 12. 85  
④3 Offenlegungstag: 19. 6. 87  
④5 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 17. 9. 87

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

Bodenseewerk Perkin-Elmer & Co GmbH, 7770  
Überlingen, DE

⑦4 Vertreter:

Weisse, J., Dipl.-Phys.; Wolgast, R., Dipl.-Chem. Dr.,  
Pat.-Anw., 5620 Velbert

⑦2 Erfinder:

Witte, Wolfgang, Dipl.-Phys. Dr., 7770 Überlingen,  
DE

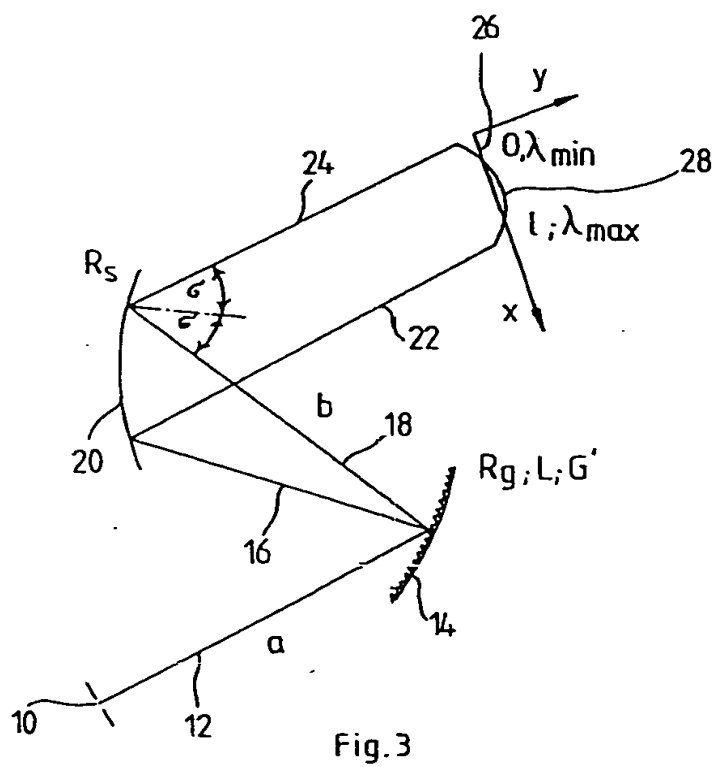
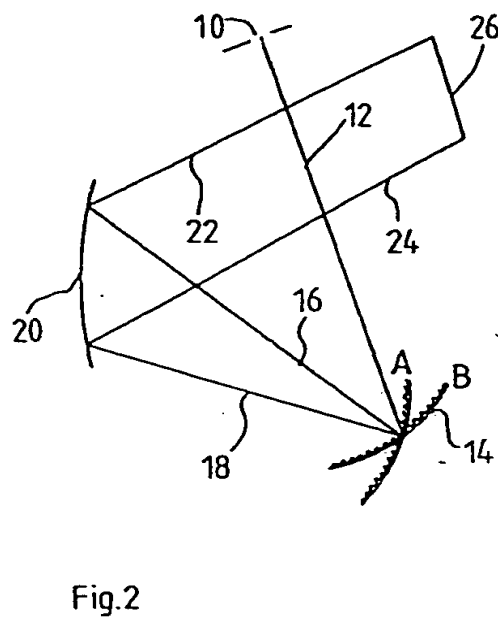
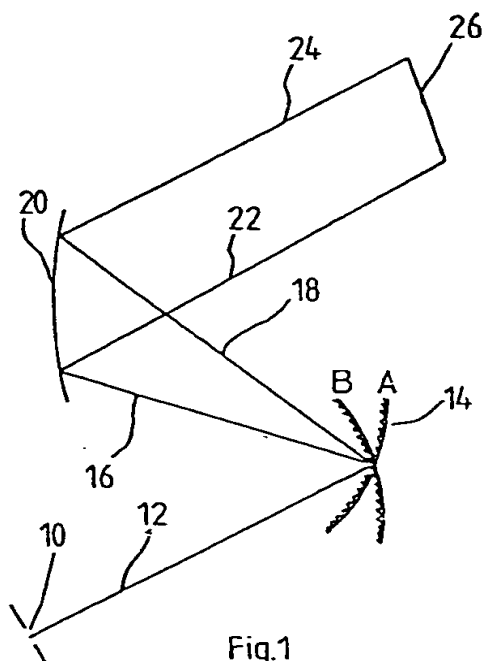
⑤6 Im Prüfungsverfahren entgegengehaltene  
Druckschriften nach § 44 PatG:

DE-OS 33 22 639  
DE-OS 32 24 736  
DE-OS 29 40 325

⑤4 Polychromator

DE 3544512 C2

DE 3544512 C2



## 1. Polychromator enthaltend

- (a) einen Eintrittsspalt (10),  
 (b) ein im Strahlengang hinter dem Eintrittsspalt (10) angeordnetes Konkavgitter (14) und  
 (c) einen im Strahlengang hinter dem Konkavgitter (14) angeordneten, ortsauflösenden Empfänger (26), auf welchem auf einer Bildfläche (28) spektral zerlegte Bilder des Eintrittsspaltes (10) erzeugbar sind,

dadurch gekennzeichnet, daß

- (d) im Strahlengang zwischen Konkavgitter (14) und Empfänger (26) ein abbildender Spiegel (20) angeordnet ist,  
 (e) der Strahlengang von dem Eintrittsspalt (10) über Konkavgitter (14) und Spiegel (20) zum Empfänger (26) im Tangentialschnitt Z-förmig verläuft,  
 (f) der Winkel zwischen der Flächennormale des Konkavgitters (14) und der Richtung des einfallenden Strahls (12) an jeder Stelle des Konkavgitters (14) größer ist als der Winkel zwischen Flächennormale und Richtung des einfallenden Lichtbündels (12) bei einer Stellung des Konkavgitters (14), bei welcher das Licht des einfallenden Lichtbündels (12) in nullter Anordnung auf den Hohlspiegel (20) zurückgeworfen würde.

2. Polychromator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Parameter der Anordnung so gewählt sind, daß

- (a) die Bildfläche (28) des spektral zerlegten Bildes des Eintrittsspaltes (10)  
 — in einem Schnitt in Dispersionsrichtung und senkrecht zur Empfängerfläche eine S-Form aufweist und  
 — an drei Stellen exakt auf der Empfängerfläche liegt,  
 (b) die Wellenlänge der den Empfänger (26) treffenden Strahlung bei drei Wellenlängen mit einer sich aus einer exakt linearen Wellenlängenskala ergebenden Sollwellenlänge übereinstimmt und  
 (c) die Abweichungen der Wellenlängen der an den verschiedenen Stellen auf den Empfänger (26) treffenden Strahlung von den Wellenlängen, die sich aus der besagten linearen Wellenlängenskala ergeben, einen S-Verlauf ergeben.

3. Polychromator nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die maximalen Abweichungen der Bildfläche (28) vor der Empfängerfläche nach der einen und nach der anderen Seite gleich sind.

4. Polychromator nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die maximalen positiven und negativen Abweichungen der Wellenlängen von den sich aus der linearen Wellenlängenskala ergebenden Wellenlängen dem Betrag nach gleich sind.

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Polychromator enthal-

- (a) einen Eintrittsspalt,  
 (b) ein im Strahlengang hinter dem Eintrittsspalt angeordnetes Konkavgitter und  
 (c) einen im Strahlengang hinter dem Konkavgitter angeordneten, ortsauflösenden Empfänger, auf welchem auf einer Bildfläche spektral zerlegte Bilder des Eintrittsspaltes erzeugbar sind.

Bei einem Polychromator wird durch ein dispergierendes Element, z. B. ein Gitter, in der Ebene eines Empfängers ein Spektrum erzeugt, das von den durch die verschiedenen Wellenlängen erzeugten Bildern eines Eintrittsspaltes gebildet ist. Der Empfänger ist dabei ein "ortsauflösender Empfänger". Das ist ein Empfänger, der gleichzeitig die Strahlung an den verschiedenen Punkten in der Ebene des Spektrums erfaßt. Ein solcher ortsauflösender Empfänger kann eine photographische Platte sein, die nach Maßgabe der Helligkeit der verschiedenen Spektrallinien geschwärzt wird. Es kann sich aber auch um einen Dioden-Array handeln, also eine Folge von dicht nebeneinander angeordneten Photodioden. Die verschiedene Teile des Spektrums werden dann gleichzeitig auf verschiedenen Photodioden abgebildet, so daß die verschiedenen Wellenlängen des Spektrums parallel erfaßt werden.

Bei einem solchen Polychromator ist die Empfängerfläche im allgemein eben ausgebildet. Dann sollte die Bildfläche, die sich aus den monochromatischen Bildern des Eintrittsspaltes zusammengesetzt, möglichst eben sein. Das gilt vor allem für den Tangentialschnitt. Der Sagittalschnitt ist weniger kritisch, da die Spaltbreite, welche die Auflösung bestimmt, im Tangentialschnitt wirksam wird. Es ist weiterhin wünschenswert, auf den Empfänger eine möglichst lineare Wellenlängenskala zu erhalten. Der quer zur Spalttrichtung gemessene Abstand eines monochromatischen Spaltbildes sollte linear von der Wellenlänge abhängen.

Durch die DE-OS 29 40 325 ist ein Polychromator bekannt, bei welchem die Strahlung von einem Eintrittsspalt über einen Hohlspiegel auf ein planes Beugungsgitter geleitet wird. Die von dem Beugungsgitter gebeugte Strahlung wird wieder über den Hohlspiegel auf einen Dioden-Array geleitet. Es ist dort im Strahlengang zwischen Gitter und Empfänger ein abbildender Spiegel angeordnet.

Es sind Polychromatoren mit Konkavgitter bekannt. Bei diesen bekannten Polychromatoren bildet das Konkavgitter das einzige optische Element, das den Eintrittsspalt auf der Empfängerfläche abbildet. Das Konkavgitter sorgt dabei gleichzeitig für die spektrale Aufspaltung der Bilder des Eintrittsspaltes. Das Konkavgitter erfüllt damit gleichzeitig zwei Funktionen: Es bewirkt eine Abbildung des Eintrittsspaltes und es dient als dispergierendes Element (DE-OS 32 24 736). Gemäß DE-OS 32 24 736 ist zusätzlich zu dem Konkavgitter noch ein Hohlspiegel vorgesehen. Dieser Hohlspiegel dient jedoch nur zur Abbildung der Lichtquelle auf dem Eintrittsspalt des eigentlichen Polychromators.

Es ist weiterhin bekannt, solche Polychromatoren hinsichtlich der Bildebene im Tangentialschnitt zu optimieren, so daß die Bildebene möglichst gut mit der Ebene des Empfängers zusammenfällt (DE-OS 33 22 639). Die Optimierung kann so erfolgen, daß bei drei Wellenlängen innerhalb des benutzten Spektralbereichs das Spaltbild exakt in der Empfängerebene liegt. Die verbleibende Defokussierung bei den anderen Wellenlängen ist

dann minimal. Bei einer solchen Optimierung der Bildebene ergibt sich aber eine nichtlineare Anordnung der verschiedenen Wellenlängen zugeordneten Spaltbilder. Der quer zur Spalttrichtung gemessene Abstand der verschiedenen monochromatischen Spaltbilder von einem Referenzpunkt hängt nichtlinear von der Wellenlänge ab.

Man kann versuchen, die Linearität der Wellenlängenskala in ähnlicher Weise zu optimieren. Dann ergibt sich aber keine optimale Anpassung der Bildfläche an die Empfängerfläche.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Polychromator der eingangs genannten Art mit Konkavgitter so auszubilden, daß mehr Parameter für die Anpassung der Bildebene an die Empfängerfläche im Tangentialschnitt und die Optimierung der Linearität der Wellenlängenskala auf der Empfängerfläche zur Verfügung stehen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß

- (d) im Strahlengang zwischen Konkavgitter und Empfänger ein abbildender Spiegel angeordnet ist,
- (e) der Strahlengang von dem Eintrittsspalt über Konkavgitter und Spiegel zum Empfänger im Tangentialschnitt Z-förmig verläuft,
- (f) der Winkel zwischen der Flächennormalen des Konkavgitters und der Richtung des einfallenden Strahls an jeder Stelle des Konkavgitters größer ist als der Winkel zwischen Flächennormale und Richtung des einfallenden Lichtbündels bei einer Stellung des Konkavgitters, bei welcher das Licht des einfallenden Lichtbündels in nullter Anordnung auf den Hohlspiegel zurückgeworfen würde.

Es hat sich gezeigt, daß die durch die erfindungsgemäße Verwendung eines zusätzlichen, abbildenden Spiegels in der speziellen Konfiguration gleichzeitig eine Optimierung der Bildebene und eine Optimierung der Wellenlängenskala erreicht werden kann. Es können Methoden zur systematischen Auswahl der Parameter zur Erzielung einer solchen Optimierung angegeben werden.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

Fig. 1 zeigt einen Tangentialschnitt durch einen Polychromator mit einem Konkavgitter und einem zusätzlichen, abbildenden Spiegel, wobei zwei mögliche Anordnungen des Konkavgitters zur Erläuterung der Erfindung gezeigt sind und der Strahlengang im wesentlichen Z-förmig verläuft.

Fig. 2 zeigt einen Tangentialschnitt eines Polychromators mit einem Konkavgitter und einem zusätzlichen Hohlspiegel in einer Anordnung, bei welcher das von dem Eintrittsspalt auf das Konkavgitter fallende Lichtbündel die von dem Spiegel auf den Empfänger geleiteten, dispersierten Lichtbündel kreuzt, wobei das Konkavgitter ebenfalls in zwei möglichen Stellungen dargestellt ist.

Fig. 3 zeigt einen Tangentialschnitt durch einen Polychromator, der eine Optimierung der Bildfläche und der Wellenlängenskala auf dem Empfänger gestattet.

Fig. 4 bis 6 zeigen verschiedene Möglichkeiten des Verlaufs der Bildfläche im Bereich des Empfängers.

In der Ausführungsform von Fig. 1 ist mit 10 ein Eintrittsspalt bezeichnet, von welchem ein polychromatisches Lichtbündel 12 ausgeht. Von dem Lichtbündel 12

ist, wie von allen anderen Lichtbündeln in den Figuren, jeweils nur die Bündelachse gezeichnet. Das Lichtbündel 12 fällt auf ein Konkavgitter 14. Das Konkavgitter 14 fächert die Strahlung in Abhängigkeit von der Wellenlänge auf. Die beiden Grenzwellenlängen des ausgenutzten Spektralbereichs bilden die beiden Strahlen 16 und 18. Ein abbildender Spiegel 20 lenkt den Strahl 16 in einen Strahl 22 und den Strahl 18 in einen Strahl 24 um. Die beiden Strahlen 22 und 24 fallen auf einen Empfänger 26.

Bei der dargestellten, bevorzugten Ausführungsform ist der abbildende Spiegel 20 ein Hohlspiegel. Der Empfänger 26 ist ein Dioden-Array. Die beiden reflektierten Strahlen 22 und 24 treffen auf den Empfänger 26 an dessen beiden Enden. Die Strahlen anderer Wellenlängen im ausgenutzten Spektralbereich verlaufen zwischen den gezeichneten Grenzstrahlen und treffen den Empfänger zwischen den beiden besagten Enden.

Die beiden Strahlen 22 und 24 brauchen nicht notwendig parallel zueinander zu verlaufen. Auch braucht der Empfänger 26 nicht notwendig auf einem der beiden Strahlen oder einem Strahl dazwischen senkrecht zu stehen.

Der Strahlengang verläuft "Z-förmig". Das bedeutet, daß der einfallende, polychromatische Strahl 12 den ausfallenden Strahl 16 bzw. 18 nicht kreuzt. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel ist die Anordnung so, daß der Strahl 12 mit den Strahlen 16 bzw. 18 spitze Winkel bildet und die Strahlen 16 und 18 wiederum von dem Spiegel 20 wieder etwa in die Richtung des Strahls 12 umgelenkt werden, so daß der Strahl 12 die Strahlen 22 und 24 nicht schneidet.

Die Winkel zwischen Strahl 12 und den Strahlen 16 bzw. 18 können aber ggf. auch zwischen  $90^\circ$  und  $180^\circ$  liegen. Die Richtungen der ausfallenden Strahlen 22 und 24 können stark von der Richtung des einfallenden Strahls abweichen. Wesentlich ist, daß die Strahlen 22 und 24 von dem Spiegel 20 nicht zu der Seite der Strahlen 16 und 18 hin umgelenkt werden, auf welcher der einfallende Strahl 12 verläuft, sondern nach der dem Strahl 12 abgewandten Seite.

Betrachtet man einen beliebigen der aufgefächerten Strahlen, beispielsweise den Strahl 18, dann gibt es eine Stellung des Gitters, in welcher der Strahl 18 der Weißlichtposition entspricht, also der Richtung, in welcher das Gitter Licht des einfallenden Strahls 12 in nullter Ordnung zurückwirft. Um den gewünschten Spektralbereich in den Bereich zwischen Strahl 16 und 18 zu bekommen, muß das Gitter 14 aus dieser Stellung verdreht werden. In Fig. 1 sind zwei mögliche Stellungen des Gitters 14 dargestellt und mit A und B bezeichnet. In der Stellung A ist die Flächennormale des Gitters gegenüber der Stellung, in welcher der Strahl 18 in die Weißlichtposition fällt, im Uhrzeigersinn, also zum Spiegel 20 hin, verschwenkt worden. In der Stellung B ist die Flächennormale des Gitters entgegen dem Uhrzeigersinn zum Eintrittsspalt 10 hin verdreht. Dementsprechend verläuft in der Stellung A die Wellenlängenskala auf dem Empfänger 26 in Fig. 1 von oben nach unten. Das kurzwellige Ende des ausgenutzten Spektralbereichs wird durch den vom Gitter entfernten Strahl 24 repräsentiert, während das langwellige Ende des ausgenutzten Spektralbereichs durch den dem Gitter 14 näher liegenden Strahl 22 repräsentiert ist. Bei der Stellung B des Konkavgitters 14 verläuft die Wellenlängenskala auf dem Empfänger 26 umgekehrt: Dann entspricht Strahl 22 dem kurzwelligen und Strahl 24 dem langwelligen Ende des ausgenutzten Spektralbereichs.

Eine andere denkbare Anordnung zeigt Fig. 2. Entsprechende Elemente tragen in Fig. 2 die gleichen Bezugszeichen wie in Fig. 1. Bei der Anordnung nach Fig. 2 sind der Eintrittsspalt 10 und das Gitter 14 so angeordnet, daß der polychromatische Strahl 12 die vom Spiegel 20 auf den Empfänger 26 reflektierten, dispersierten Strahlenbündel 22 und 24 schneidet. Auch hier gibt es zwei mögliche Stellungen A und B des Gitters 14, wie in Fig. 2 dargestellt ist. Diese Stellungen entsprechen den Stellungen A und B von Fig. 1.

Es gibt somit bei Verwendung eines zusätzlichen abbildenden Spiegels 20 in einem Polychromator mit Konkavgitter insgesamt vier mögliche Anordnungen, nämlich die Gitterstellungen A und B bei dem Z-förmigen Strahlengang von Fig. 1 und die Gitterstellungen A und B bei der Anordnung von Fig. 2. Untersuchungen haben nun ergeben, daß von diesen zunächst vier möglichen Anordnungen nur der Z-förmige Strahlengang in Verbindung mit der Gitterstellung A eine gleichzeitige Optimierung sowohl der Bildebene als auch der Wellenlängenskala gestattet. Gegenüber vorbekannten Polychromatoren mit Konkavgitter besteht die Erfindung somit nicht nur in der Verwendung eines zusätzlichen abbildenden Spiegels sondern in der Erkenntnis, daß von den dann möglichen Anordnungen eine und nur eine die gewünschte gleichzeitige Optimierung von Bildebene und Wellenlängenskala gestattet.

Ein Polychromator, welcher die Lehre der Erfindung verkörpert, ist in Fig. 3 dargestellt.

In Fig. 3 sind entsprechende Elemente ebenfalls mit den gleichen Bezugszeichen versehen wie in Fig. 1. Von einem Eintrittsspalt 10 fällt ein polychromatisches Lichtbündel 12 auf ein Konkavgitter 14. Der Abstand zwischen Eintrittsspalt 10 und Konkavgitter 14 ist mit  $a$  bezeichnet. Das Konkavgitter 14 besitzt einen Krümmungsradius  $R_g$ . Das Gitter zeigt im Zentrum eine bestimmte Liniendichte, die mit  $L$  bezeichnet ist. An anderen Stellen der Gitterfläche im Tangentialschnitt ist die Liniendichte von der Liniendichte im Zentrum des Konkavgitters 14 verschieden. Im Tangentialschnitt variiert die Liniendichte von einem Gitterrand zum gegenüberliegenden Gitterrand. In der unmittelbaren Umgebung des Gitterzentrums nimmt die Liniendichte in der einen Richtung zu, in der entgegengesetzten Richtung ab. Die Linien sind unsymmetrisch auf dem Gitter verteilt. Diese Unsymmetrie kann man durch ein Unsymmetriemaß kennzeichnen, das mit  $G'$  gekennzeichnet ist. Das Vorzeichen plus oder minus deutet dabei die Richtung der Zunahme der Liniendichte an. Das Gitter leitet monochromatische Lichtbündel unter verschiedenen Winkeln auf den Spiegel 20. Die Lichtbündel 16 und 18 entsprechen den Grenzen des benutzten Wellenlängenbereichs. Der Abstand zwischen Konkavgitter 14 und Spiegel 20 ist mit  $b$  bezeichnet. Wie im Zusammenhang mit Stellung A des Konkavgitters 14 von Fig. 1 beschrieben wurde, ist das Konkavgitter 14 in Fig. 3 mit seiner Flächennormalen gegenüber der Stellung, in welcher das Licht in Richtung des Strahls 18 in nullter Ordnung zurückgeworfen wird, in Richtung auf den Spiegel 20 hin, also im Uhrzeigersinn, verschwenkt. Der Spiegel 20 hat einen Krümmungsradius  $R_s$ . Er leitet die Strahlen 16 und 18 als Strahlen 22 bzw. 24 auf den Empfänger 26. Wie in Fig. 3 übertrieben dargestellt ist, ergibt sich dabei eine Bildfläche, also eine Fläche, in welcher scharfe monochromatische Bilder des Eintrittsspalts 10 erzeugt werden, die im allgemeinen von der Ebene des Empfängers abweicht und mit 28 bezeichnet ist. In Fig. 3 ist ein Koordinatensystem  $x, y$  angedeutet.  $x$  ist dabei eine längs

des Empfängers 26 quer zur Spaltrichtung gemessene, vom Koordinatenursprung 0 ausgehende Strecke. Die Koordinatenursprung 0 entspricht dabei dem kurzwelligen Ende  $\lambda_{\min}$  des benutzten Wellenlängenbereichs, während der Punkt 1 der ausgenutzten Länge des Empfängers und dem langwelligen Ende  $\lambda_{\max}$  des benutzten Wellenbereichs entspricht. Die Bildfläche 28 stellt sich in dem Tangentialschnitt von Fig. 3 als eine Linie dar, die nachstehend als "Fokuslinie" bezeichnet wird.

Berechnet man diese Fokuslinie für zunächst willkürlich angenommene Parameter, dann ergibt sich im allgemeinen eine gekrümmte Linie, wie sie in Fig. 3 übertrieben dargestellt ist. Der Empfänger 26 und damit das empfangergefeste  $xy$ -System werden so auf die Fokuslinie gelegt, daß sich der Empfänger der Fokuslinie optimal anpaßt. Die Fokuslinie liegt in einigen Bereichen vor dem Empfänger 26. In einigen Bereichen liegt die Fokuslinie 28 hinter dem Empfänger. Der Empfänger ist dabei so angeordnet, daß beispielsweise die größte positive oder negative Abweichung minimal wird.

Die Anordnung nach Fig. 3 wird durch eine Vielzahl von Parametern quantitativ beschrieben: Der Einfallswinkel  $\phi$  des Lichtbündels 12 am Gitter 14 und die Liniendichte  $L$  (bzw. der Kehrwert der Gitterkonstanten) bestimmen die Beugungswinkel der beiden Strahlen 16 und 18 und damit die Winkelgeometrie am Konkavgitter 14. Der Krümmungsradius  $R_g$  des Konkavgitters und die Gegenstandsweite  $a$  des Eintrittsspalts 10 beeinflussen die Konvergenz oder Divergenz der monochromatischen Bündel hinter dem Konkavgitter. Die Lage des Spiegels 20 wird durch den Abstand  $b$  auf einem monochromatischen Strahl, z. B. dem Strahl 18, zwischen dem Konkavgitter 14 und dem Spiegel 20 festgelegt. Die Winkellorientierung des Spiegels 20 ist durch den Einfallswinkel  $\sigma$  (Fig. 3) des Strahls 18 gegeben. Der Krümmungsradius  $R_s$  des Spiegels bestimmt die Bildweite, in der die Fokuslinie 28 erscheint. Schließlich muß noch die oben erläuterte Unsymmetrie des Konkavgitters 14 berücksichtigt werden. Aus diesen Parametern läßt sich die Fokuslinie berechnen. Das Ergebnis im  $xy$ -Koordinatensystem möge die Kurve 30 in Fig. 4 ergeben.

Vergrößert man nun den Abstand  $b$ , dann erhält man eine Fokuslinie, wie sie in Fig. 5 durch Kurve 32 dargestellt ist. Die vorher nach oben gewölbte Kurve ist jetzt nach unten gewölbt.

Geht man wieder von der Anordnung aus, die Fig. 4 zugrunde lag, und vergrößert man  $b$  jetzt in kleineren Schritten, dann wird die Kurve flacher. Das gleiche geschieht, wenn man von der Anordnung, die Fig. 5 zugrunde liegt, ausgeht und  $b$  in kleineren Schritten verkleinert. Der Übergang der Kurve von der nach oben gerichteten zu der nach unten gerichteten Kurve geschieht in Form einer S-förmigen Kurve. Bei einem bestimmten Wert von  $b$  erhält man eine hinsichtlich der Ordinate  $y$  symmetrische S-Form der Kurve, wie sie in Fig. 6 als Kurve 34 dargestellt ist. "Symmetrisch" bedeutet dabei, daß die maximale Abweichung von der Ebene des Empfängers 26 ( $x$ -Achse) nach oben und nach unten in den Punkten 36 bzw. 38 gleich groß ist. Diese Kurve mit den Endpunkten 40 und 42 zeigt minimale Werte der Abweichung zwischen Bildebene und Empfängerebene und stellt daher ein Optimum dar.

Untersucht man nun die Linearität der Wellenlängenskala auf dem Empfänger 26, also die Abhängigkeit der Wellenlänge der auf die verschiedenen Punkte des Empfängers 26 fallenden monochromatischen Lichtbündel von der zugehörigen Abszisse  $x$ , so ergibt sich im allgemeinen ein nichtlinearer Verlauf. Es kann nun auf dem

Empfänger eine lineare Sollskala festgelegt werden. Dem Punkt  $x = 0$  wird dabei das kurzwellige Ende und dem Wert  $x = 1$  das langwellige Ende des benutzten Wellenlängenbereichs zugeordnet. Es ergibt sich dabei für jeden Punkt  $x$  des Empfängers eine zugehörige Sollwellenlänge. Berechnet man für einen beliebigen Punkt  $x$  auf dem Empfänger auch die Wellenlänge der tatsächlichen dort auftreffenden Strahlung, dann kann man die Abweichung

$$\Delta\lambda = \lambda - \lambda_{\text{soll}}$$

als Linearitätsfehler definieren.  $\Delta\lambda$  kann man graphisch als Funktion der Sollwellenlänge (oder der Abszisse  $x$ ) darstellen. Dabei ergibt sich im allgemeinen wieder eine Kurve nach Art von Fig. 4.

Jetzt wird das Unsymmetriemaß  $G'$  des Konkavgitters 14 variiert. Auch hier erhält man bei einem anderen Wert von  $G'$  z. B. eine Kurve nach Art von Kurve 32 von Fig. 5. Bei einem bestimmten Wert von  $G'$  nimmt die Kurve eine symmetrische S-Form an: Die Linearitätsabweichung  $\Delta\lambda$  wird minimal.

Leider beeinflusst aber auch das Unsymmetriemaß  $G'$  die Fokusslinie. Berechnet man diese jetzt erneut mit dem als optimal gefundenen Wert des Unsymmetriemaßes  $G'$ , dann ist die S-Form der Fokusslinie gestört. Man muß abermals  $b$  variieren und einen optimalen Wert ermitteln. Dieser beeinflusst aber wiederum die  $\Delta\lambda$ -Kurve, so daß auch das Unsymmetriemaß  $G'$  wieder korrigiert werden muß.

Glücklicherweise konvergiert das Verfahren: Der Abstand  $b$  hat einen größeren Einfluß auf die Fokusslinie als auf die  $\Delta\lambda$ -Kurve, und das Unsymmetriemaß  $G'$  hat einen größeren Einfluß auf die  $\Delta\lambda$ -Kurve als auf die Fokusslinie. Es ergibt sich dadurch schließlich ein Wertepaar von Abstand  $b$  und Unsymmetriemaß  $G'$ , das ausreichend genau beiden Kurven eine symmetrische S-Form gibt: Fokusslinie und Wellenlängenlinearität sind optimal.

Natürlich gibt es eine Fülle von Möglichkeiten, die anderen Parameter zu wählen. Diese Parameter haben vielfältigen Einfluß auf die Gestaltung des Polychromators, z. B. auf seine Größe, auf die Ausleuchtung des Spiegels, auf den ausgenutzten Wellenlängenbereich, auf das Abbildungsverhältnis, mit dem der Eintrittsspalt 10 auf den Empfänger 26 abgebildet wird, auf die für eine gewünschte Auflösung erforderliche Spaltbreite usw. Der Fachmann ist in der Lage, mit Hilfe dieser Parameter den Polychromator in der gewünschten Weise zu gestalten. Es muß lediglich nach Wahl dieser Parameter die beschriebene Optimierung durchgeführt werden. Da der vollständige Strahlengang des Polychromators, z. B. die Entfernung des Empfängers 26 vom Spiegel 20, erst nach der Optimierung bekannt ist, müssen erforderlichenfalls einer oder mehrere der Parameter geändert und die Optimierung erneut durchgeführt werden, bis der ganze Polychromator den gewünschten Spezifikationen entspricht.

Die Erfindung ist nicht auf die Erzeugung symmetrischer S-Formen der Fokusslinie und der  $\Delta\lambda$ -Kurve beschränkt. Mitunter kann es z. B. wünschenswert sein, in der Fokusslinie oder in der  $\Delta\lambda$ -Kurve oder in beiden von dieser optimalen Form abzuweichen:

Beispielsweise kann im kurzwelligen Bereich eine sehr hohe Auflösung gefordert, im längerwelligen Bereich dagegen eine nur mäßige Auflösung zugelassen werden. Das läßt sich erreichen, wenn man die Fokusslinie 28 im kurzwelligen Bereich möglichst gut auf den

Empfänger 26 legt, während sie im längerwelligen Bereich stärker von dem Empfänger 26 abweichen darf. Im kurzwelligen Bereich werden auf diese Weise bessere Ergebnisse erzielt als bei Optimierung für den gesamten Wellenlängenbereich. Das gleiche kann für die Wellenlängenlinearität gelten. Man hat es mit den beschriebenen Optimierungsverfahren in der Hand, den Polychromator den jeweiligen Anforderungen entsprechend optimal zu gestalten.

Die beschriebene Anordnung gestattet es auch, die Fokusslinie und die Wellenlängenskala einer gekrümmten Empfängerfläche optimal anzupassen.

Hierzu 2 Blatt Zeichnungen

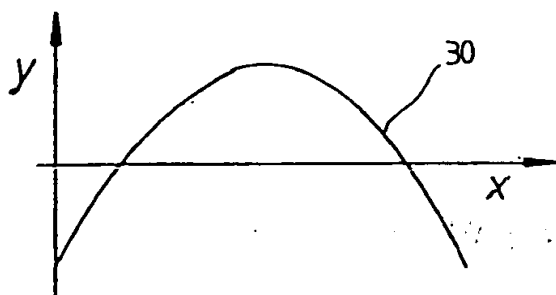


Fig.4

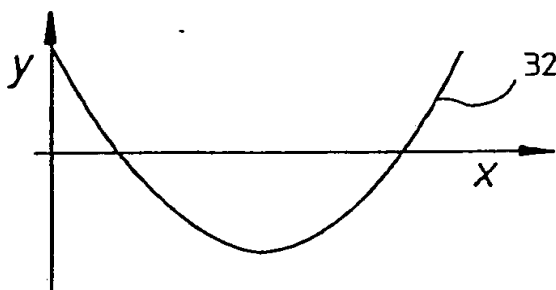


Fig.5

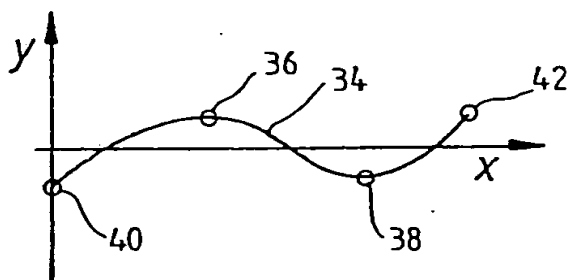


Fig.6

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**